

STUDI REMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM MERKURI (Hg) MENGUNAKAN TUMBUHAN TEKI (*Cyperus rotundus*)

MAIDI F. TITAHENA¹, ABRAHAM MARIWY^{1*}, SUNARTI¹

¹Program Studi Pendidikan kimia FKIP Universitas Pattimura, Ambon

*Email : abrahammariwy@gmail.com

ABSTRAK

Fitoremediasi merupakan metode remediasi yang menggunakan tumbuhan untuk mengurangi konsentrasi logam berat merkuri (Hg) dalam sampel tanah yang diambil dari Desa Wotay Kecamatan Teon Nila Serua Kabupaten Maluku Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sejauh mana tumbuhan teki (C. rotundus) dapat menyerap dan mengalihkan logam berat merkuri. Proses kontak logam merkuri dengan tanah dan tumbuhan teki dalam rumah kaca dilakukan selama 14 hari (reaktor 1) dan 28 hari (reaktor 2). Sampel diuji menggunakan Mercury Analyzer dengan panjang gelombang 253,7 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri (Hg) yang diserap oleh tumbuhan terdapat pada akar sebesar 0,32 ppm dan daun sebesar 0,35 ppm untuk reaktor uji satu, serta pada akar sebesar 0,91 ppm dan daun sebesar 0,16 ppm untuk reaktor uji dua. Berdasarkan perhitungan, faktor biokonsentrasi (BCF) adalah 0,451 (BCF < 1) untuk reaktor uji satu dan 0,568 (BCF < 1) untuk reaktor uji dua. Sementara itu, faktor translokasi (TF) adalah 1,50 (TF > 1) untuk reaktor uji satu dan 0,163 (TF < 1) untuk reaktor uji dua. Oleh karena itu, tumbuhan teki (C. rotundus) dapat diklasifikasikan sebagai tumbuhan ekskluder (dengan nilai BCF < 1), namun masih mengikuti mekanisme fitoekstraksi karena nilai TF > 1.

Kata kunci: fitoremediasi, merkuri, C. rotundus, excluder, fitoekstraksi.

ABSTRACT

Phytoremediation is a remediation method that uses plants to reduce the concentration of the heavy metal mercury (hg) in the soil samples taken from wotay vilage teon nila serua district, central maluku regency. this study aims to determine the extent to which the nut plant (c. rotundus) can absorb and transfer the heavy metal mercury. the process of contacting mercury metal with soil and sedge plants in the greenhouse was carried out for 14 days (reactor 1) and 28 days (reactor 2). samples were tested using a mercury analyzer with a wavelength of 253.7 nm. the results showed that the concentration of mercury (hg) absorbed by plants was 0.32 ppm in the roots and 0.35 ppm in the leaves for the first test reactor, and 0.91 ppm in the roots and 0.16 ppm in the leaves for the reactor. test two. based on calculations, the bioconcentration factor (bcf) is 0.451 (bcf < 1) for test reactor one and 0.568 (bcf < 1) for test reactor two. meanwhile, the translocation factor (tf) was 1.50 (tf > 1) for test reactor one and 0.163 (tf < 1) for test reactor two. therefore, the nut plant (c. rotundus) can be classified as an excluder plant (with a bcf value of < 1), but still follows the phytoextraction mechanism because the tf value is > 1.

Keywords: phytoremediation, mercury, c. rotundus, excluder, phytoextraction.

1. PENDAHULUAN

Kegiatan manusia seperti pembuangan limbah, penggunaan pupuk, dan kegiatan pertambangan telah menyebabkan polusi yang berdampak serius bagi lingkungan. Hal ini disebabkan oleh pelepasan zat-zat beracun seperti logam berat ke lingkungan (Lum dan Chikoye, 2018). Logam berat adalah jenis logam dengan densitas lebih dari 5 gr/cm³ dan berat molekul yang tinggi. Salah satu jenis limbah yang dapat merusak lingkungan adalah logam berat, termasuk dalam kategori bahan beracun dan berbahaya (B3), seperti merkuri (Kilikily dkk., 2020). Merkuri, sebagai salah satu logam berat, telah menjadi pencemar sejak manusia mengembangkan industri, dan zat beracun ini memiliki efek negatif pada sifat fisik, kimia, dan mikrobiologi tanah, yang berdampak serius pada produktivitas lahan pertanian (Lum dan Chikoye, 2018).

Penggunaan merkuri dalam industri seringkali menghasilkan limbah yang menyebabkan pencemaran lingkungan sehingga untuk mengatasi pencemaran tersebut tersedia metode yang dapat digunakan, dan salah satu metode yang efektif untuk mengurangi kadar logam berat adalah melalui penggunaan tanaman yang dikenal sebagai fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan proses di mana tanaman atau tumbuhan digunakan untuk menyerap, mendegradasi, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar, terutama logam berat dan senyawa organik lainnya (Finarti dkk, 2022). Teknologi ini mudah diaplikasikan dan ramah lingkungan dalam meremediasi logam berat merkuri dari tanah yang tercemar (Galal dkk, 2017).

Tidak semua tumbuhan memiliki kemampuan untuk secara efisien menyerap logam berat dalam jumlah besar yang biasa disebut sebagai hiperakumulator. Tumbuhan yang dapat diklasifikasikan sebagai hiperakumulator memiliki beberapa karakteristik khusus yaitu mampu tumbuh dengan cepat dan menghasilkan biomasa yang tinggi dalam waktu singkat. Di samping itu, tumbuhan hiperakumulator dapat ditanam dan dipanen dengan mudah. Tumbuhan ini juga mampu bertahan dan tumbuh subur di wilayah beriklim tropis yang panas dan lembap, serta memiliki akses yang memadai ke sumber air (Borolla dkk, 2019). Beberapa jenis tanaman telah berhasil digunakan dalam proses fitoremediasi, contohnya adalah tanaman awar-awar (*Ficus septica* Burm. f) yang telah mengalami remediasi secara eks-situ dengan hasil penyerapan yang bervariasi sesuai dengan waktu yang digunakan, yaitu 81,7% (reaktor 1), 34,6% (reaktor 2), dan 85,4% (reaktor 3) (Mariwy dkk., 2020). Selain itu, tanaman kacang kalopo (*Calopogonium mucunoides*) juga menghasilkan efisiensi remediasi sebesar 91,6338% dalam waktu 50 hari, dan tingkat akumulasi logam berat merkuri (Hg) sesuai dengan nilai BCF dan TF adalah 6,7458 (BCF >1) dan 0,0631 (TF <1) (Samar dkk., 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi penggunaan metode fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan teki (*C. rotundus*) dalam mengatasi kontaminasi logam berat di tanah. Tumbuhan teki dipilih karena mudah ditemukan di berbagai tempat dan yang paling utama adalah tumbuhan ini tidak dikonsumsi oleh manusia. Tujuan lainnya adalah menentukan tingkat akumulasi logam berat merkuri oleh tanaman teki (*C. rotundus*) sebagai upaya mengurangi kadar logam berat merkuri di tanah, serta untuk mengetahui besarnya translokasi dan faktor biokonsentrasi logam merkuri (Hg) yang diserap oleh tanaman teki. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pemanfaatan tumbuhan teki yang selama ini dianggap sebagai gulma oleh masyarakat sebagai fitoremediator pereduksi kadar merkuri pada areal bekas pengolahan emas secara tradisional.

2. METODE

2.1 Metode Penelitian

Sampel yang digunakan adalah tumbuhan teki (*C. rotundus*) dan proses fitoremediasi dilakukan secara *ex-situ*, yang berarti kondisi lingkungan dalam penelitian disesuaikan agar menyerupai kondisi lingkungan aslinya (Mariwy dkk, 2020). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan media reaktor dan rumah kaca sederhana. Reaktor yang digunakan menggunakan bahan kaca dengan ketebalan 5 mm berukuran 20×20×20, sedangkan rumah kaca sederhana dibuat menggunakan plastik UV. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan dua variasi waktu remediasi, yaitu 14 dan 28 hari, dengan menggunakan konsentrasi merkuri sebesar 10 ppm. Berat tanah 4 Kg, konsentrasi merkuri 10 ppm dan volume larutan 200 mL yang digunakan dilakukan berdasarkan penelitian Samar dkk. (2019).

Tabel 1. Rincian Perlakuan Masing-masing Reaktor

Reaktor	Berat Tanah (Kg)	Kosentrasi Larutan merkuri Pencemar (ppm)	Volume (mL)	Waktu Panen (Hari)
1	4	-	-	28
2	4	10	200	14
3	4	10	200	28

Keterangan: 1 (Reaktor Kontrol), 2 (Reaktor Uji 2), 3 (Reaktor Uji 3)

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan sampel dari Desa Wotay, Kecamatan Teon Nila Serua, Kabupaten Maluku Tengah. Preparasi sampel di laksanakan di Laboratorium Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pattimura Ambon dan untuk analisis sampel dilaksanakan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

2.3. Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan ini yaitu: *mercury analyzer*, neraca analitik, oven, *reactor*, mortal dan alu, corong, peralatan gelas (*pyrex*), *hot plate* (*Cimarec*). Sementara bahan-bahan yang digunakan yaitu: HClO₄ pekat, H₂SO₄ pekat, HNO₃ pekat, KMnO₄ 5%, SnCl₂. 2H₂O, *Hydroxyl-aminehydrochloride* (HONH₃Cl) 10%, larutan merkuri 10 ppm, sampel tanah, tumbuhan teki (*C. rotundus*), akuades, kertas saring *Whatman* nomor 42.

2.3 Teknik Analisa Data

Data hasil penelitian untuk setiap pengamatan terhadap potensi tumbuhan sebagai tumbuhan akumulator dianalisis menggunakan metode yang melibatkan perhitungan total akumulasi logam berat merkuri (Hg) di dalam tanah, akar, dan daun serta penentuan konsentrasi logam berat Hg dalam tanah yang dapat diserap oleh tumbuhan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Kadar Hg dalam tanah dan tumbuhan :

$$\text{Kadar Hg } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right) = \frac{\text{Kosentrasi} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times \text{volume sampel (L)} \times \text{faktor pengenceran}}{\text{Berat Sampel (Kg)}} \dots\dots\dots (1)$$

BCF (*Bioaccumulation Concentration Factor*)

$$BCF = \frac{[\text{Hg}] \text{ pada jaringan tanaman (mg/kg)}}{[\text{Hg}] \text{ pada tanah atau sedimen } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right)} \dots\dots\dots (2)$$

Di mana tanaman dapat dikelompokkan menjadi dua kategori , yaitu:

- 1) Akumulator Apabila nilai BCF >1
- 2) *Excluder*: Apabila nilai BCF <1

TF (*Translocation factor*)

$$TF = \frac{[\text{Hg}] \text{ pada daun (mg/kg)}}{[\text{Hg}] \text{ pada akar } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right)} \dots\dots\dots (3)$$

Nilai TF memiliki kategori yaitu:

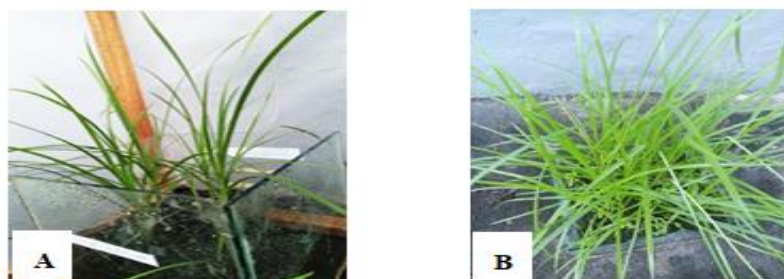
- 1) TF >1: Mekanisme fitoekstraksi
- 2) TF <1: Mekanisme fitostabilisasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

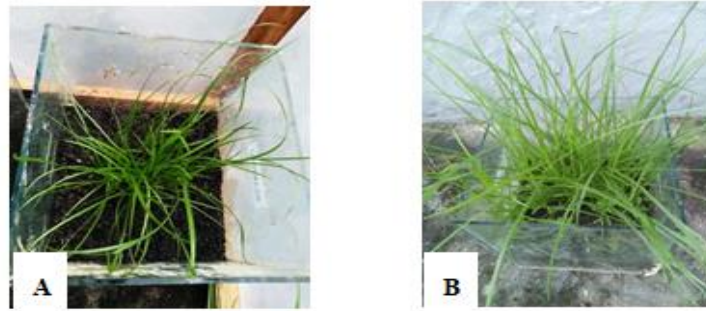
3.1. Hasil Penelitian

Dalam proses fitoremediasi, sangat penting untuk mengukur seberapa banyak merkuri (Hg) yang dapat diserap oleh tanaman setelah fitoremediasi. Oleh karena itu, analisis awal dilakukan untuk mengetahui konsentrasi merkuri awal dalam sampel tanah dan tumbuhan yang akan digunakan dalam penelitian. Merkuri secara alami terdapat dalam tanah dengan konsentrasi yang sangat rendah, sekitar ± 0,01-0,3 mg/kg (Juhriah, 2016). Hasil analisis awal menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri dalam sampel tanah adalah 0,10 mg/kg. Sementara konsentrasi merkuri dalam tumbuhan masing-masing untuk daun 0,09 mg/Kg dan akar 0,06 mg/Kg.

Tumbuhan teki (*C. rotundus*) dibiarkan tumbuh selama tiga minggu setelah proses penanaman biji, kemudian tanaman dengan fenotip yang serupa dipindahkan ke dalam reaktor. Setelah dipindahkan, tanaman tersebut dibiarkan selama satu minggu sebelum dilakukan tahap selanjutnya. Penyemaian selama tiga minggu ini dilakukan karena pada usia 28 hari, tanaman teki sudah mampu beradaptasi dengan kondisi tanah yang berbeda (Lum & Chikoye, 2018). Tanaman teki yang sudah ditempatkan di dalam reaktor ini kemudian disiram dengan 200 mL larutan merkuri (Hg) 10 ppm dan dibiarkan tumbuh sampai saat panen. Selama pelaksanaan fitoremediasi, reaktor-reaktor tersebut ditempatkan di dalam sebuah struktur rumah kaca sederhana seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



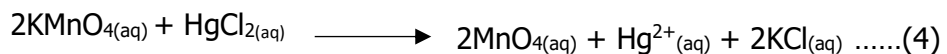
Gambar 1. Tumbuhan teki pada reaktor uji I satu minggu penanaman (A) dan saat akan dipanen (B)



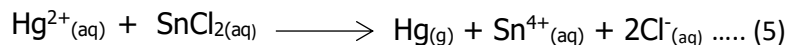
Gambar 2. Tumbuhan teki pada reaktor uji II satu minggu penanaman (A) dan saat akan dipanen (B)

3.2. Kurva Kalibrasi dan Penentuan Persamaan Regresi

Kurva kalibrasi dibuat dengan melakukan plot larutan standar terhadap konsentrasi, yang kemudian digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi. Langkah pertama dalam pembuatan kurva kalibrasi melibatkan persiapan larutan standar merkuri (Hg). Pembuatan larutan induk merkuri (Hg) adalah dengan cara diencerkan secara cermat dan hati-hati untuk mengurangi kesalahan pengenceran yang signifikan. Menurut Nasir (2017), dalam pengujian larutan standar, digunakan larutan kalium permanganat untuk mengoksidasi senyawa merkuri klorida menjadi ion merkuri. Berikut adalah reaksi antara kalium permanganat dan merkuri klorida.



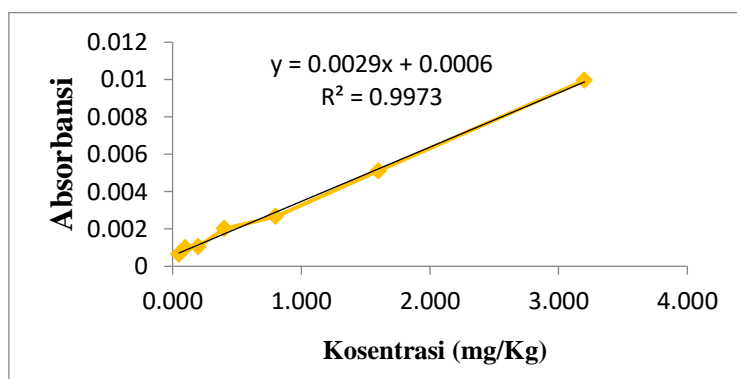
Kelebihan permanganat dalam larutan dilakukan dengan cara mengamati perubahan warna. Larutan permanganat yang semula berwarna ungu akan menjadi tidak berwarna. Untuk mengurangi intensitas warna pada KMnO_4 , digunakan hidrosilamin hidroklorida. Selanjutnya, larutan direduksi menggunakan larutan SnCl_2 , dan reaksi reduksi merkuri dengan larutan SnCl_2 adalah sebagai berikut:



Tabel 2 menampilkan hasil pengukuran absorbansi larutan standar merkuri menggunakan mercury analyzer.

Tabel 2. Nilai Absorbansi Larutan (Hg)	Kosentrasi dan Standar Merkuri	
	Kosentrasi (ppb)	Absorbansi
	0,050	0,00064
	0,010	0,00100
	0,200	0,00105
	0,400	0,00201
	0,800	0,00267
	1,600	0,00511
	3,200	0,00995

Nilai yang diperoleh dari data absorbansi ini selanjutnya diplot dalam kurva kalibrasi yang menggambarkan korelasi antara dua variabel yaitu kosentrasi (C) dengan absorbansi (A). Kurva kalibrasi larutan merkuri di tunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva kalibrasi larutan merkuri (Hg)

3.3. Kandungan Logam Merkuri (Hg) pada Tumbuhan Teki (*C. rotundus*)

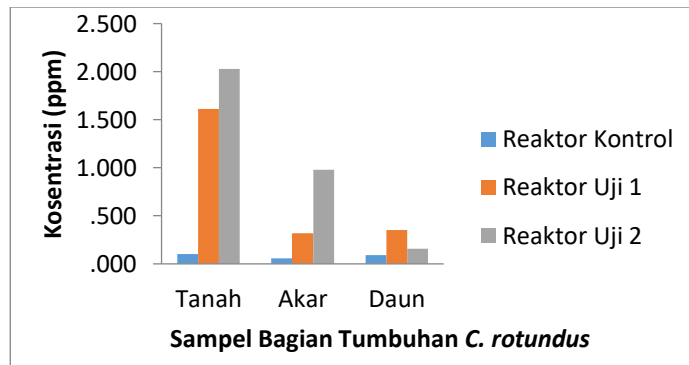
Setiap tanaman dalam mengakumulasi logam berat memiliki kemampuan yang berbeda, dan tumbuhan teki (*C. rotundus*) memiliki kemampuan khusus dalam menyerap logam berat merkuri (Hg). Berdasarkan hasil pengukuran kandungan merkuri pada bagian akar, daun, dan tanah yang digunakan sebagai media tumbuhnya dengan variasi waktu, diperoleh data kandungan merkuri (Hg) yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Merkuri (Hg) pada Tanah, Akar dan Daun

Reaktor	Kode Sampel	Absorbansi	Kandungan Merkuri (Hg)
Kontrol	Tanah K	0,0076	0,10 ppm
	Akar K	0,0047	0,06 ppm
	Daun K	0,0064	0,09 ppm
1	Tanah R1	0,0015	1,61 ppm
	Akar R1	0,0015	0,32 ppm
	Daun R1	0,0018	0,35 ppm
2	Tanah R2	0,0020	2.03 ppm
	Akar R2	0,0042	0,98 ppm
	Daun R2	0,0011	0,16 ppm

Keterangan: K (Kontrol); R1 (Reaktor uji 1); R2 (Reaktor Uji 2); SD (Standar Deviasi)

Data pengukuran kandungan merkuri pada Tabel 3, menunjukkan bahwa pada reaktor kontrol yang tidak disiram dengan larutan merkuri, Jumlah merkuri dalam tanah mencapai jumlah yang sebanding dengan 0,10 ppm, sementara kandungan merkuri dalam akar, daun, dan tanah adalah sebesar 0,06 ppm dan 0,09 ppm. Sampel tanah pada reaktor kontrol mengandung merkuri sebesar 0,10 ppm. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa merkuri adalah unsur yang terdistribusi di kerak bumi dengan konsentrasi rata-rata sekitar 0,01 - 0,3 ppm (Juhriah, 2016). Pada reaktor kontrol, kandungan merkuri dalam akar, daun, dan tanah masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan, yaitu 0,3 ppm. Data ini sesuai dengan hasil penelitian Finarti dkk, 2022 untuk mengamati kapasitas akumulasi logam merkuri oleh tanaman kirinyuh yang menunjukkan bahwa sampel pada reaktor kontrol nilainya selalu lebih kecil dibandingkan dengan sampel pada reaktor uji. Secara umum, kandungan merkuri berasal dari tanah sebagai hasil dari pelapukan batuan dan juga aktivitas manusia (Mariwy dkk., 2021). Grafik perbandingan kadar merkuri pada sampel tanah, akar dan daun dapat dilihat pada Gambar 4.



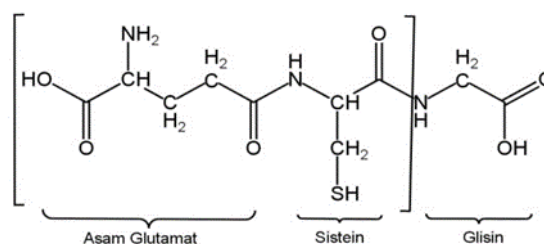
Gambar 4. Perbandingan kadar merkuri dari tanah, akar dan daun dari ketiga reaktor

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 yang didapat dari data pada tabel 3 di atas, terlihat bahwa efektivitas penyerapan logam dari pengujian untuk reaktor uji satu yaitu sebesar 41,61 %, di mana pada reaktor uji 1 (14 hari) kandungan merkuri (Hg) setelah dianalisis diperoleh konsentrasi merkuri pada tanah sebesar 1,61 ppm, di daun sebesar 0,35 ppm dan akar sebesar 0,32 ppm. Kandungan merkuri yang diserap masih sangat rendah dikarenakan tumbuhan masih dalam proses pertumbuhan sehingga larutan merkuri masih berada di permukaan tanah dan belum diserap banyak oleh akar, akan tetapi konsentrasi merkuri (Hg) pada daun ukurannya lebih besar dari konsentrasi merkuri pada akar, sehingga dapat dikatakan bahwa terjadinya translokasi merkuri dari akar ke daun dengan baik.

Pada reaktor uji 2 (28 hari) dengan efektivitas penyerapannya yaitu 56,16 % di mana kandungan merkuri pada tumbuhan teki (*C. rotundus*) untuk konsentrasi merkuri di daun adalah 0,16 ppm, akar sebesar 0,98 ppm dan tanah sebesar 2.03 ppm. Kandungan merkuri pada daun yang terserap cukup kecil yang mana hal ini menyatakan bahwa kurangnya kemampuan akar dalam mentranslokasikan logam merkuri ke daun (Yan, dkk, 2020). Dengan kurun waktu yang digunakan tersebut dapat membuktikan bahwa tumbuhan teki (*Cyperus rotundus*) dapat menyerap 1,14 ppm merkuri dari tanah yang mengandung 2.03 ppm merkuri

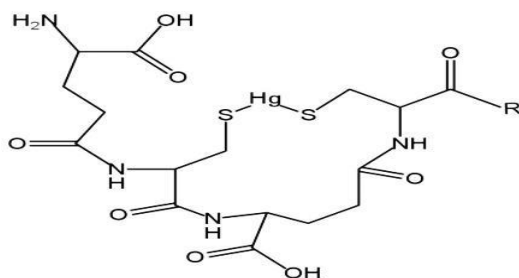
3.4. Proses Penumpukan Logam Merkuri (Hg) oleh Tumbuhan Teki (*C. rotundus*)

Akar tanaman sangat berperan dalam proses akumulasi logam merkuri (Hg), akar tanaman menyimpan unsur logam berat dalam bentuk ion-ion yang mudah larut dalam air mirip dengan penyerapan nutrisi yang terlarut dalam aliran air. Ketika menyerap logam berat, tumbuhan menghasilkan enzim reduktase di membran akar yang bertugas mengurangi bentuk logam berat tersebut. Setelah itu, merkuri (Hg) diangkut melewati jaringan pengangkut tumbuhan, yaitu xilem dan floem, ke bagian-bagian lain tanaman. Secara alami, tanaman yang mampu mengakumulasi logam berat biasanya melepaskan senyawa pengkhat logam (fitokelator) ke rizosfer (daerah di sekitar akar). Fitokelator ini dapat meningkatkan ketersediaan hayati logam yang awalnya terikat erat oleh tanah dan membantu dalam pengangkutan logam ke jaringan tanaman (Handayanto dk., 2017). Struktur senyawa fitokelatin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Senyawa Fitokhelatin

Protein dan asam amino merupakan komponen utama dalam tanaman, dan komponen ini dapat digunakan untuk membentuk fitokelatin, seperti yang terlihat dalam Gambar 5. Fitokelatin merupakan sejenis peptida yang pada di bagian ujung yang tidak searah. Ketika bertemu dengan merkuri dan logam berat lainnya, fitokelatin akan terjadi pembentukan ikatan sulfida melalui ujung belerang pada asam amino sistein, menghasilkan senyawa kompleks antara merkuri (Hg) dan fitokelatin. Hal ini menyebabkan merkuri dan logam berat lainnya dapat terangkut ke jaringan tanaman. Jika tanaman tidak mampu mensintesis fitokelatin, hal ini dapat berakibat fatal dan menyebabkan kematian tanaman (Nasir dkk., 2022). Struktur senyawa kompleks antara merkuri dan fitokelatin dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur kompleks merkuri-fitokelatin

3.5. Perhitungan Nilai (BCF) dan Translocation Factor (TF)

Perhitungan nilai TF diperlukan untuk mengevaluasi translokasi logam dari akar ke daun dalam tanaman, dengan membandingkan konsentrasi logam di daun dengan konsentrasi logam di akar. Jika nilai TF yang diperoleh lebih dari satu, itu menunjukkan bahwa tanaman tersebut mengalami fitoekstraksi, sementara jika nilai TF kurang dari satu, tanaman tersebut mengalami fitostabilisasi (Khan dkk., 2014). Informasi mengenai nilai BCF dan TF dapat ditemukan dalam Tabel 5.

Tabel 5 Nilai BCF pada Tumbuhan Teki (*C. rotundus*)

Kandungan Hg dalam tanah (mg/Kg)	Kandungan Hg dalam Akar (mg/Kg)	Kandungan Hg dalam Daun (mg/Kg)	BCF		CF Total
			Daun	Akar	
(1) 0,10	0,06	0,09	0,90	0,60	1,50
(2) 1,61	0,32	0,35	0,217	0,198	0,415
(3) 2,03	0,98	0,16	0,078	0,48	0,568

Keterangan : (1) Reaktor kontrol, (2) Reaktor uji 1, (3) Reaktor uji 2

Pada reaktor uji satu dan dua, terlihat bahwa nilai BCF kurang dari 1. Dengan adanya penurunan nilai BCF pada tumbuhan teki (*C. rotundus*), dapat disimpulkan bahwa tumbuhan teki (*C. rotundus*) dapat dikategorikan sebagai tanaman excluder. Sifat excluder adalah ketika tumbuhan membatasi penyerapan logam berat dari lingkungannya. Namun, jika logam berat sudah masuk ke dalam tumbuhan, translokasi ke bagian tubuh tumbuhan akan terbatas (Rachmawati dkk., 2018). Hal ini dapat didukung oleh nilai TF yang tercatat dalam Tabel 6.

Tabel 6 Nilai TF Pada Tumbuhan Teki (*C. rotundus*)

Tempat Sampel	Kosentrasi Hg Daun (mg/Kg)	Kosentrasi Hg Akar (mg/Kg)	Nilai TF
Reaktor Kontrol	0,09	0,06	1,50
Reaktor Uji 1	0,35	0,32	1,13
Reaktor Uji 2	0,16	0,99	0,16

Sumber: hasil penelitian, 2023

Dalam penelitian ini, diperoleh nilai TF pada reaktor Kontrol sebesar 1,50, sedangkan pada reaktor uji satu nilainya sebesar 1,13, dan terjadi peningkatan nilai TF pada reaktor uji dua sebesar 0,16. Nilai TF yang tinggi menunjukkan kemampuan tumbuhan teki (*C. rotundus*) dalam mentranslokasikan logam berat merkuri dari akar ke daun (Ahmmad dkk., 2018). Temuan dari penelitian ini mengindikasikan bahwa tumbuhan teki (*C. rotundus*) termasuk dalam kategori fitoekstraksi karena memiliki nilai TF yang lebih dari 1. Dalam fitoekstraksi, logam berat merkuri (Hg) akan ditranslokasikan ke daun tumbuhan dan kemudian dapat dijadikan bahan daur ulang atau dibuang saat tumbuhan dipanen atau gugur (Lum dan Chikoye, 2018). Sementara hasil penelitian Candra dkk, 2019 untuk mengamati fitoremediasi merkuri pada lahan bekas tambang emas rakyat menggunakan tumbuhan (*C. kyllingia*) menunjukkan nilai TF yang lebih kecil dari 1 sehingga tumbuhan ini termasuk kategori fitostabilisator. Perbedaan nilai TF ini dapat disebabkan oleh perbedaan tempat tumbuh yang digunakan dalam kedua penelitian ini, di mana sampel tumbuhan *C. Rotundus* ditanam pada tanah bebas merkuri yang kemudian dialiri larutan merkuri, sementara sampel tumbuhan *C. kyllingia* ditanam pada tanah bekas pengolahan emas yang mengandung merkuri dalam konsentrasi tinggi.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tumbuhan teki (*C. rotundus*) memiliki potensi sebagai tanaman yang dapat digunakan untuk proses fitoremediasi di mana efektivitas fitoremediasi yang dicapai adalah 41,5% untuk reaktor satu dan 56% untuk reaktor dua. Hasil perhitungan nilai BCF (*Bioconcentration factor*) dan TF (*Translocation factor*) yang diperoleh juga menunjukkan bahwa nilai BCF dan TF adalah 1,5 (BCF > 1) dan 1,5 (TF > 1). Pada reaktor uji satu, nilai BCF adalah 0,451 (BCF < 1) dan TF adalah 1,13 (TF > 1). Sementara itu, pada reaktor uji dua, nilai BCF adalah 0,568 (BCF < 1) dan TF adalah 0,163 (TF < 1). Dengan demikian, tumbuhan teki dapat membatasi penyerapan logam berat dalam lingkungannya, namun masih mampu mentranslokasikan logam berat ke dalam tubuh tumbuhan melalui mekanisme fitoekstraksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahammad, S. J., Sumithra, S., & Senthilkumar, P. (2018). Mercury uptake and translocation by indigenous plants. *Rasayan Journal of Chemistry*, 11(1), 1-12
- Borolla S. M, A. Mariwy, dan J. B. Manuhuttu (2019), Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Merkuri (Hg) Menggunakan Tumbuhan Kersen (*Muntingia calabua* L) Dengan Sistem Reaktor. *MJoCE/Vol 9 No 2/Juli /Hal. 78-89*

- Candra Y.A, Pratamaningtyas. S, Nugroho Y. N (2019), Fitoremediasi Merkuri dari Tanah Tercemar Limbah Bekas Tambang Emas Rakyat dengan Rumput Teki (*C. kyllingia*). Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian "AGRIKA" Volume 13, Nomor 1. Mei
- Finarti, Mariwy. A, & Sunarti (2022). Potensi Tanaman Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L) Dalam Meremediasi Tanah Tercemar Merkuri. *MJoCE/Vol 12 No 1/Januari /Hal. 33-45*
- Galal, T. M., Gharib, F. A., Ghazi, S. M., & Mansour, K. H. (2017). Phytostabilization of Heavy Metals by the Emergent Macrophyte *Vossia Cuspidata* (Roxb.) Griff.: A Phytoremediation Approach. *International Journal of Phytoremediation*, 19(11), 992–999. <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1303816>
- Handayanto, E., Nuraini, Y., dan Muddarisma, N. (2017). Fitoremediasi dan phytomining logam berat pencemar tanah. Universitas Brawijaya-Press. Malang
- Juhriah, J., & Alam, M. (2016). Fitoremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) pada Tanah Dengan Tanaman *Celosia Plumosa* (Voss) Burv. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 1(1).
- Kilikily, D., Mariwy, A., & Sunarti, S. (2020). Studi Akumulasi Logam Berat Merkuri (Hg) Oleh Tanaman Trembesi (*Samanea saman*). *Science Map Journal*, 2(2), 85-89
- Khan, A. R., Ullah, I., Khan, A. L., Hong, S. J., Waqas, M., Park, G. S., & Shin, J. H. (2014). Phytostabilization and physicochemical responses of Korean ecotype *Solanum nigrum* L. to cadmium contamination. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225 (10), 1-11
- Lum, A. F., & Chikoye, D. (2018). The potential of *kyllinga erecta* Schumach and *C. rotundus* Linn. to remediate soil contaminated with heavy metals from used engine oil in Cameroon. *International journal of phytoremediation*, 20 (13), 1346-1353
- Mariwy, A., Dulanlebit, Y. H., & Yulianti, F. (2020). Studi Akumulasi Logam Berat Merkuri Menggunakan Tanaman Awar-Awar (*Ficus Septica* Burm F). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(2), 159-169
- Mariwy, A., Manuhutu J.B, Frans. D. (2021). Bioaccumulated Mercury by Several Types of Plants in Ex -Traditional Gold Processing Area, Gogorea Village, Buru Island. *Indo. J. Chem. Res.*, 9(2), 105-110
- Nasir, M., Nur, M., Pandiangan, D., Mambu, S. M., Fauziah, S., Raya, I., & Irfandi, R. (2022) Phytoremediation Study of Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) on Zinc Metal Ion (Zn^{2+}). *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 17(3), 417-422
- Rachmawati, R., Yona, D., & Kasitowati, R. D. (2018). Potential of *Avicennia alba* as an Agent of Phytoremediation Heavy Metal (Pb and cu) in Wonorejo, Surabaya. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 80-87
- Samar, Y. S. A. Mariwy, J. B Manuhutu (2019). Fitoremediasi Merkuri (Hg) Menggunakan tanaman Kacang Kalopo (*Calopogonium mucunoides*. *Scie Map Journal/Vol. 1 No. 2/November /Hal. 93-98*
- Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, S., & Chen, Z. (2020). Phytoremediation: a promising approach for revegetation of heavy metal-polluted land. *Frontiers in Plant Science*, 11, 359.